

УДК 621.316.718.5

О.А. Старовойтова, студент гр. А3311 (ГУАП)
В.А. Ткачева, студент гр. 3310М (ГУАП)
Научный руководитель В.И. Бойков к.т.н., доцент (ГУАП)
г. Санкт-Петербург

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ (ESC/ЭКС)

Схема привода двигателя играет важную роль в работе электродвигателей, обеспечивая точное управление скоростью, направлением и крутящим моментом двигателя.

Электронный регулятор скорости (ESC) — это устройство, используемое в беспилотных летательных аппаратах и других транспортных средствах с электрическим приводом для управления скоростью и направлением вращения двигателя. ESC служит посредником между полетным контроллером и двигателями, преобразуя сигналы от полетного контроллера в соответствующие команды для двигателей.[1] ESC является важнейшим компонентом силовой установки дрона, отвечающим за преобразование команд от полетного контроллера в соответствующие сигналы управления двигателем. Контролируя скорость и направление вращения двигателя, ESC обеспечивает точное управление и маневренность дрона во время полета. Ниже приводится описание основных компонентов и функциональных возможностей ESC:

Схема привода двигателя: схема привода двигателя состоит из драйверов, которые управляют переключением силовых МОП-транзисторов. Эти драйверы генерируют необходимые сигналы для включения и выключения МОП-транзисторов, позволяя двигателю наращивать необходимые обороты.

Микроконтроллер: ESC содержит микроконтроллер, который действует как мозг устройства. Он получает управляющие сигналы от полетного контроллера и обрабатывает их для определения скорости и направления вращения двигателя.

Входные разъемы: ESC имеет входные разъемы для приема сигналов от полетного контроллера. Эти сигналы обычно включают команды, которые управляют скоростью двигателя, а также дополнительные сигналы для таких функций, как реверс двигателя или торможение.

Подключения двигателя: ESC имеет выходные разъемы, которые подключаются к двигателю. Эти разъемы обычно состоят из трех выходов для бесщеточных двигателей (по одному на каждую фазу).

В основе ESC лежат драйверы, управляющие переключением силовых МОП-транзисторов, показанных на рисунке 1, которые действуют как электронные переключатели для управления двигателем. Эти драйверы генерируют необходимые сигналы для включения и выключения МОП-транзисторов в нужное время, что позволяет двигателю увеличивать или уменьшать скорость вращения в зависимости от необходимости. Схема привода двигателя служит мостом между сигналами управления и самим двигателем [2].

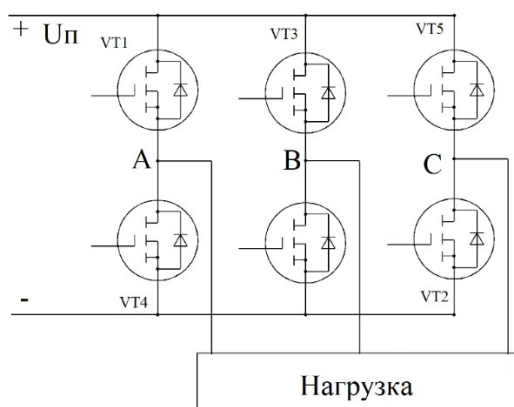


Рис. 1. Схема трехфазного инвертора напряжения

При использовании синусоидальной ШИМ для формирования фазных напряжений на выводах инвертора напряжения, действующее значение линейного напряжения нагрузки определяется относительно средней точки источника питания.

$$U_d = \frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \frac{U_{н2,лN}}{\mu_{\max}} \quad (1),$$

где $U_{н2,лN}$ – номинальное значение линейного напряжения нагрузки;

$\mu_{\max}$ – максимальное значение коэффициента ($\mu_{\max} = 0,9$).

Среднее значение тока транзистора:

$$I_{VT,ср} = \frac{I_{\max,дв}}{2\pi} \left(1 + \frac{\pi\mu}{4} \cos \phi_{н2} \right) \quad (2),$$

где

$I_{\max,дв}$ – амплитудное значение тока нагрузки;

μ – коэффициент модуляции ($\mu = 0,9$).

Транзисторы подбираются с запасом по току и напряжению (с запасом около полутора раз). Обратные диоды уже присутствуют в схеме транзисторов.

Драйверы в схеме привода двигателя отвечают за генерацию точных сигналов управления, которые запускают силовые МОП-транзисторы. Эти

сигналы определяют, когда МОП-транзисторы должны открываться и закрываться, управляя протеканием тока через обмотки двигателя. Тщательно выверяя время включения МОП-транзисторов, схема привода двигателя регулирует напряжение и ток, подаваемые на двигатель, что приводит к контролируемому ускорению, замедлению и регулировке скорости.

Конструкция схемы привода двигателя и выбор соответствующих драйверов имеют решающее значение для достижения оптимальных характеристик двигателя. Необходимо учитывать такие факторы, как потребляемая мощность двигателя, номинальные значения напряжения и тока, желаемый диапазон скоростей и время отклика. Драйверы должны обеспечивать достаточные уровни тока и напряжения для эффективного управления силовыми МОП-транзисторами, обеспечивая при этом быстрое и точное переключение.

Эффективные и надежные схемы привода двигателя не только способствуют повышению общей производительности двигателя, но и играют важную роль в безопасности системы. Точно контролируя поведение двигателя, схема помогает предотвратить чрезмерное потребление тока, перегрев и другие потенциальные проблемы, которые могут нарушить работу двигателя или даже повредить систему.

При разработке важно учесть, что на один мотор должно приходить по три фазы. Это может быть реализовано двумя способами. Первый: три сигнала будут сразу приходить от контроллера, в таком случае необходим будет отдельный микроконтроллер на каждый мотор. Вторая: с микроконтроллера выходит только управляющий сигнал, а три фазы уже регулирует сам драйвер. Для снижения нагрузки на микроконтроллер и возможность перенесения части системы управления полетом на контроллер силовой установки принято решение о взятии драйвера, который получает на вход только управляющий сигнал драйвера, показанный на рисунке 2.

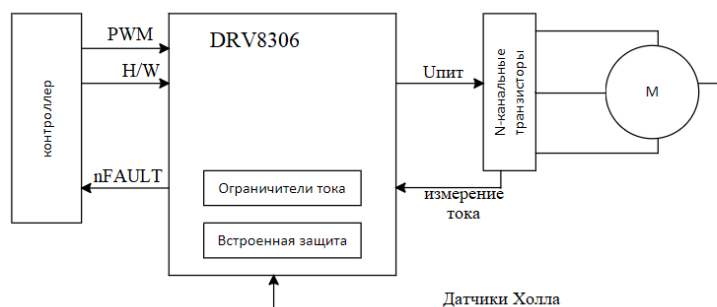


Рис. 2. Выбранный способ реализации подачи трех фаз

Выбор микроконтроллера для электронного регулятора скорости (ESC) бесщеточного двигателя предполагает учет нескольких ключевых факторов:

Определение требований: понимание конкретных требований к ЭСК. Учет таких факторов, как количество фаз двигателя (трехфазный или четырехфазный), максимальный ток и напряжение, желаемые функции управления (например, ШИМ-управление, бессенсорное управление) и любые дополнительные функции, которые могут вам понадобиться (например, интерфейсы связи, встроенные механизмы защиты).

Вычислительная мощность: оценить вычислительную мощность, необходимую для ЭСК. Это зависит от сложности алгоритма управления и скорости, с которой необходимо выполнять вычисления. Рассмотреть необходимые вычислительные возможности и убедиться, что микроконтроллер может справиться с вычислительными требованиями вашего ЭСК.

ШИМ-выход: проверить, достаточно ли у микроконтроллера выходных каналов ШИМ для управления фазами двигателя. Как правило, для трехфазного бесщеточного двигателя требуется не менее трех выходов ШИМ. Убедиться, что разрешение и частота ШИМ-выхода микроконтроллера соответствуют вашим требованиям к управлению двигателем.

Коммуникационные интерфейсы: определить, нужны ли какие-либо специальные коммуникационные интерфейсы для взаимодействия с другими устройствами или системами. Например, если планируется взаимодействовать с полетным контроллером или другими внешними устройствами, рассмотреть такие интерфейсы, как UART, I2C, SPI или CAN.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП): АЦП полезен для измерения различных параметров, таких как ток двигателя или температура. Проверить, имеет ли микроконтроллер встроенный АЦП с достаточным разрешением и каналами для удовлетворения ваших требований к измерениям.

Память и хранение данных: учитывать требования к памяти встроенного программного обеспечения ЭСК. Оценить объем памяти программ (Flash) и памяти данных (RAM), имеющейся в микроконтроллере. Кроме того, проверить, есть ли у микроконтроллера возможности внешнего хранения данных, например, EEPROM или флэш-памяти, для хранения данных калибровки или обновлений микропрограммы. Средства разработки и поддержка:

На основе перечисленных ранее факторов к микроконтроллеру были предъявлены следующие требования: для реализации регулирования оборотов двигателя необходим ШИМ-управление, которое реализуется при помощи таймера, значения с которых приходят на драйвер. Так же для отслеживания положения ротора в двигателе стоит по три датчика холла, для регулирования оборотов необходимо, чтобы микроконтроллер имел и с ними связь.

Важно изучить технический паспорт микроконтроллера, справочное руководство и инструкции по применению, чтобы убедиться, что он соответствует требованиям.

Список литературы:

1. Zhu, S.; Cox, T.; Xu, Z.; Gerada, C.; Li, C. Design Considerations of Fault-Tolerant Electromechanical Actuator Systems for More Electric Aircraft (MEA). In Proceedings of the IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Portland, OR, USA, 27 September 2018.

2. Основы преобразовательной техники: учеб. – метод. пособие: в 2 ч. Ч. II /А. А. Мартынов. – СПб.: ГУАП, 2017. – 157 с

Информация об авторах:

Старовойтова Ольга Андреевна, студент гр. А3311, ГУАП, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, karib0419@gmail.com

Ткачева Валерия Александровна, студент гр. 3310М, ГУАП, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, valeria_frost@list.ru

Бойков Владимир Иванович, к.т.н., доцент, ГУАП, 190000, viboikov@mail.ru